

Reaktor und Verfahren zur anaeroben Abwasserbehandlung

5

Diese Erfindung betrifft einen Reaktor und ein Verfahren zur anaeroben Abwasserbehandlung.

10 Zur Behandlung organisch verschmutzter Abwässer ist es bekannt, anaerobe Verfahren bzw. anaerob arbeitende Abwasserbehandlungssysteme zu verwenden. Die im Abwasser enthaltene Schmutzfracht wird bei Einsatz der Anaerobtechnik mit Hilfe von entsprechenden Mikroorganismen in den regenerativen Energieträger Biogas überführt, der Einsparungen beim Energiebezug ermöglicht. Die dazu verwendeten Verfahren beinhalten sowohl einfache Verfahren
15 ohne Biomasseanreicherung als auch Hochleistungsverfahren mit in der Regel interner Biomasseanreicherung.

Kommunale Abwässer sind vergleichsweise gering belastet mit einem chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) von ca. 500 mg/l und werden in der Regel mit
20 aeroben Belebtschlammverfahren behandelt. In der Lebensmittelindustrie treten erheblich höher organisch belastete Abwässer mit CSB von über 1 000 und bis zu 100 000 mg/l und mehr auf. Zur Reinigung solcher Abwässer kommen Hochleistungsverfahren zum Einsatz.

25

Das am meisten verbreitete Verfahren ist das sogenannte UASB-Verfahren (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Verfahren). In UASB Reaktoren findet eine interne Biomasseanreicherung in Form eines sich ausbildenden und sehr gut granulierenden Schlammes statt. Die Mikroorganismen aggregieren zu sogenannten Pellets. Das sind Aggregate mit einer Größe von ca. 1 bis 3 mm. Die
30 Reaktoren werden im Upflow-Betrieb betrieben, d.h. die Abwässer strömen von unten nach oben durch den Reaktor. Durch den stoffwechselbedingten Abbau der organischen Verunreinigungen entstehen Gase, die in Form von Gasbläschen an den Pellets haften. Infolgedessen steigen die Pellets nach oben,

35 was zur Durchmischung im System führt. Im oberen Bereich des UASB Reak-
tors ist ein Separatorsystem vorgesehen, welches dazu dient, die Pellets in dem
Reaktor zurückzuhalten. Ein Vorteil dieser Reaktoren ist, daß sie eine relativ
einfache Konstruktion, z.B. als Schlaufenreaktor aufweisen können. Ein solcher
Reaktor ist in DE 43 33 176 beschrieben. Ein Nachteil dieser Technik ist, daß bei
40 hohen CSB-Konzentrationen ab etwa 20 bis 30 g/l die Gasentwicklung so stark
wird, daß die Pellets sehr schnell nach oben steigen und daß trotz der Separa-
torsysteme ein erheblicher Verlust an Biomasse eintritt. Dies wird als "Wash-
Out-Effekt" bezeichnet. Hinzukommt, daß diese Systeme relativ empfindlich
gegen Vergiftung (gegen einen sogenannten toxischen Stoß) sind. Diese Sy-
45 steme können nach einer Havarie des Reaktors zwar relativ schnell hochgefah-
ren werden, indem man wieder mit neuer Biomasse animpft, allerdings stellt
dies einen Kostenfaktor dar. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist, daß nur
Mikroorganismen verwendet werden können, die Pellets bilden, was die Aus-
wahl an Mikroorganismen stark einschränkt. In der Regel werden methanogene
50 Bakterien hauptsächlich der Gattung Methanotrix verwendet.

Ein anderes Hochleistungsverfahren verwendet Festbettreaktoren, wobei inerte
Trägermaterialien als Schüttungen, Packungen oder auch fixierte Trägermate-
rialien, z.B. in Form von plattenförmigen Trägerelementen, von Mikroorganis-
55 men besiedelt werden. Ein solcher Reaktor ist im Patent DE 43 09 779 der glei-
chen Anmelderin beschrieben. In Festbettreaktoren können sehr stark ver-
schmutzte Abwässer mit CSB-Konzentrationen von über 80 g/l behandelt
werden. Ein Nachteil des Festbettreaktors ist, daß vor allem bei Hochleistungs-
strägermaterialien die Kosten hoch sind.

60 Daneben sind auch Wirbelbettreaktoren bekannt, in dem die Biomasse auf ei-
nem fluidisierten Festbett, z.B. Aktivkohle oder Sand, immobilisiert ist, welches
im Reaktor verwirbelt wird. Dies bedingt einen hohen Energiebedarf zur Auf-
rechterhaltung des Wirbelbetts, woraus auch eine hohe Belastung der Reakto-
65 ren resultiert. Die Konstruktion von Wirbelbettreaktoren ist dementsprechend
technisch anspruchsvoll und aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Reaktor und ein Verfahren zur
70 anaeroben Abwasserbehandlung zur Verfügung zu stellen, der , bzw. das, für
stark belastete Abwässer geeignet ist und störungsarm arbeitet sowie ver-
gleichsweise kostengünstig ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Reaktor zur anaeroben Abwasserbe-
75 handlung, aufweisend folgende Merkmale:

- 80 (a) ein zentraler, von oben nach unten führender Strömungskanal, der
oben mit einem ersten Abstand von der oberen Reaktorbegrenzung
endet und unten mit einem zweiten Abstand von der unteren Reaktor-
begrenzung endet;
- (b) in dem Ringraum zwischen dem zentralen Strömungskanal und der
Reaktorwand sind für die gesamte Höhe des Strömungskanals oder für
einen Teil der Höhe des Strömungskanals Trägerelemente zum Immo-
bilisieren von Mikroorganismen in Form eines strukturierten, geordne-
85 ten Festbetts positioniert, wobei zwischen benachbarten Trägerele-
menten Durchströmungswege vorhanden sind;
- (c) ein unterer Bereich des Reaktors zwischen seiner unteren Begrenzung
und den Trägerelementen ist als Raum ausgebildet, der dafür bestimmt
ist, beim Betrieb des Reaktors Abwasser mit darin schwebenden Mi-
90 kroorganismen aufzunehmen;
- (d) ein oberer Bereich des Reaktors zwischen seiner oberen Begrenzung
und den Trägerelementen;
- (e) der Reaktor ist hinsichtlich seiner Innenströmung als Schlaufenreaktor
ausgebildet derart, dass enthaltenes Abwasser durch den zentralen
95 Strömungskanal nach unten, dann durch den Raum im unteren Bereich,
dann an den Trägerelementen entlang nach oben, und schließlich wie-
der in den zentralen Strömungskanal zirkuliert werden kann.
- (f) eine Zuleitung für erstmalig in den Reaktor einzubringendes, zu behan-
delndes Abwasser;
- 100 (g) ein Abzugssystem zum abschließendem Ausbringen von behandeltem
Abwasser aus dem Reaktor.

Die Erfindung schafft einen Hybrid-Reaktor (bzw. ein Hybrid-Verfahren), welcher (bzw. welches) die Vorteile von Festbettreaktoren und UASB Reaktoren vereint.

Der Reaktor kann zylinderförmig ausgebildet sein, andere Reaktorgeometrien sind ebenfalls möglich, z.B. zylinderartige Anordnungen mit elliptischer oder mehreckiger Grundfläche oder quaderförmige Anordnungen.

Der Raum im unteren Bereich kann Abwasser mit darin schwebenden Mikroorganismen-Pellets aufnehmen. Die Mikroorganismen entwickeln stoffwechselbedingt Gase, die als Bläschen an den Pellets haften und dadurch die Pellets nach oben tragen. Als Mikroorganismen werden bevorzugt Bakterien der Gattung Methanotrix verwendet.

Bevorzugt ist im oberen Bereich ein Separatorsystem angeordnet, welches im Abwasser schwebende Mikroorganismen im Reaktor zurückhält.

Ferner weist der Reaktor bevorzugt ein Rezirkulationssystem, auf welches einen Entnehmer für Abwasser und einen Zuführer für Abwasser zur Strömungsabgabe in den zentralen Strömungskanal aufweist.

Der Entnehmer weist bevorzugt einen Zwischenraum zwischen zwei plattenartigen Elementen und eine in dem Zwischenraum beginnende Leitung aufweist.

Es ist besonders bevorzugt, dass das Abzugssystem zum abschließenden Ausbringen von Behandelten Abwasser ein Stück oberhalb des Entnehmers des Rezirkulationssystems positioniert ist.

Mikroorganismen-Pellets, welche in den oberen Bereich des Reaktors aufsteigen werden vom Separatorsystem zurückgehalten, geben die anhaftenden Gasbläschen ab und sinken aufgrund ihrer größeren Dichte wieder nach unten ab. Das Separatorsystem kann sowohl zum Abscheiden der entstanden Gase als auch zum Zurückhalten der Biomasse dienen.

Das Separatorsystem weist bevorzugt eine Trennwand mit Abstand oberhalb des oberen Endes des zentralen Strömungskanals auf, welche einen Großteil des Reaktorquerschnitts überdeckt und eine äußere Ringfläche freilässt.

140

Bevorzugt ist der Entnehmer des Rezirkulationssystems an der Oberseite der Trennwand positioniert. Im Raum oberhalb des Entnehmers des Rezirkulationssystems wird so eine strömungsberuhigte Zone geschaffen, die ein Ausbringen von behandeltem Abwasser ohne Biomasseaustrag unterstützt, insbesondere, da es – wie oben erwähnt – bevorzugt ist, dass das Abzugssystem zum abschließenden Ausbringen von Behandeltem Abwasser ein Stück oberhalb des Entnehmers des Rezirkulationssystems positioniert ist.

145

Es wird betont, daß das beschriebene Rezirkulationssystem sowie die beschriebene Trennung von Entnehmer des Rezirkulationssystems und Abzugssystem einerseits eine bevorzugte Weiterbildung der offenbarten Erfindung darstellen, aber andererseits auch ohne die Merkmale (oder nur mit einem Teil der Merkmale) des Anspruchs 1 technisch verwirklichtbar sind. Ein typisches Beispiel ist die Verwirklichung bei einem UASB-Reaktor, der nicht ein Hybrid-Reaktor im Sinne der vorliegenden Anmeldung ist.

150

155

Bevorzugt verläuft die Trennwand des Separatorsystems bereichsweise nicht-horizontal und bildet in einem höchsten Bereich einen Gassammelungsraum.

160

Ferner ist es bevorzugt, dass von dem höchsten Bereich die Trennwand – grob gesprochen – schräg nach aussen abwärts und schräg nach innen abwärts verläuft.

Im oberen Bereich des Reaktors beginnt vorzugsweise eine erste Abführungsleitung für in dem Reaktor gebildetes Gas.

165

Es ist ferner bevorzugt, dass im Bereich der Trennwand eine zweite Abführungsleitung für in dem Reaktor gebildetes Gas beginnt.

- 170 Im Reaktor sind Trägerelemente vorgesehen. Die Trägerelemente können in Form von Platten ausgebildet sein. Bevorzugt sind die Trägerelemente parallel zueinander angeordnet. Die Platten können in Paketen angeordnet sein, wobei die Platten innerhalb der Pakete in Tangentialrichtung des Reaktors angeordnet sind. Die Trägerelemente sind über dem Raum im unteren Bereich angeordnet, so daß die nach oben schwebenden Pellets zwischen den Platten hindurch strömen. Auf den Trägerelementen bildet sich beim Betrieb des Reaktors ein Mikroorganismenbewuchs. Es ist bevorzugt, daß zwischen den Trägerelementen ein Abstand von 3–6 cm, vorzugsweise 3,5 – 5,5 cm, vorhanden ist.
- 180 Die Trägerelemente können aus einem inertem Material mit großer Oberfläche bestehen. Bevorzugt bestehen sie aus einem durchströmungsporösen Material. Besonders bevorzugt bestehen die Trägerelemente im wesentlichen aus miteinander vereinigten Kunststoff-Teilchen und Blähton-Teilchen. Polyethylen-Teilchen sind bevorzugt, wobei andere Kunststoffe möglich sind. Die Mikroorganismen können in den Poren des Blähtons und in den Poren zwischen den Teilchen siedeln und auf den Trägerelementen einen film- oder rasenartigen Bewuchs bilden. Im Falle einer Havarie des Reaktors, z.B. aufgrund eines toxischen Stosses, wird der Mikroorganismenfilm zwar zerstört. Aus den Poren des porösen Tragermaterials heraus können die Mikroorganismen allerdings schnell wieder wachsen und den Film auf den Platten regenerieren. Die Platten der Trägerelemente können mit einer Vielzahl von Mikroorganismen, z.B. Bakterien, besiedelt werden. Es ist möglich die Trägerelemente gleichzeitig mit unterschiedlichen Spezies zu besiedeln. Die Trägerelemente können mit der gleichen Spezies besiedelt werden, welche freie schwebende Aggregate bzw. Pellets bildet. Ebenso können die Trägerelemente mit anderen Spezies besiedelt werden als Jenen, welche die Pellets bildet bzw. bilden. Dadurch können die Vorteile des UASB-Verfahrens mit dem Vorteil einer größeren Vielfalt verwendbarer Mikroorganismen kombiniert werden.
- 190
- 200 Die Trägerelemente können mit sessilen Mikroorganismen besiedelt werden. Insbesondere können sie besiedelt werden mit den Gattungen Sytrophobacter, Sytrophomas, Methanotrix, Methanosarcina und Methanococcus.

Die Erfinder haben gefunden, daß die Synergieeffekte (hohe Leistungsfähigkeit bei stabilem Betrieb) aus der Kombination eines Festbettreaktors und eines UASB Reaktors bereits bei einem relativ geringen Anteil von Trägerplatten bezogen auf das Reaktorvolumen auftreten. Es ist daher bevorzugt, daß der Anteil des Reaktorvolumens der mit Trägerplatten belegt ist, 15 bis 40% beträgt. Besonders bevorzugt beträgt der Anteil 20 bis 30%.

210

Bevorzugt ist im unteren Bereich des Reaktors ein Strömungsumlenker an der Wand positioniert. Dieser Strömungsumlenker hat die Aufgabe, den Abwasserstrom von der Reaktorwand zu lösen und gleichmäßig zu den Trägerelementen zu leiten.

215

Der Reaktor kann bevorzugt mindestens eine Treibstrahlmündung aufweisen, die unterhalb des unteren Endes des zentralen Strömungskanals endet. Diese dient dazu, Mikroorganismen, die sich auf dem Reaktorboden abgesetzt haben, aufzuwirbeln. Die Mündung kann an ihrem Ende eine Düse aufweisen

220

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Verfahren zur anaeroben Abwasserbehandlung in einem Reaktor, in welchem zu behandelndes Abwasser zirkuliert, dergestalt, daß Abwasser

225

(a) zentral von oben nach unten strömt;

(b) dann in einem Raum im unteren Bereich des Reaktors mit in dem Abwasser schwebenden Mikroorganismen in Kontakt ist;

230

(c) dann in einem darüber befindlichen Raum des Reaktors an Mikroorganismen entlang strömt, die in Form eines strukturierten geordneten Festbetts auf Trägerelementen angeordnet sind;

235

(d) und schließlich wieder in die zentrale Strömung von oben nach unten übergeht.

Nach Entlangströmen an den Mikroorganismen auf den Trägerelementen wird bevorzugt ein Teil des Abwassers abgezweigt und in den zentralen Strömungskanal eingepumpt. Dadurch wird eine umlaufende Rezirkulation des Abwassers verbessert.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sind die im Behandlungsraum schwebenden Mikroorganismen bevorzugt in Form von Pellets vorhanden. Die im Abwasser schwebenden Mikroorganismen werden durch ein Separatorsystem zurückgehalten. Bei dem Verfahren können als auf den Trägerelementen immobilisierte Mikroorganismen einerseits und als schwebende Mikroorganismen andererseits unterschiedliche Arten von Mikroorganismen vorgesehen sein. Auf den Trägerelementen können unterschiedliche Spezies von Mikroorganismen vorgesehen sein.

Reaktor und Verfahren der vorliegenden Erfindung können zur Behandlung von Abwässern, insbesondere zu anaeroben Behandlung von Abwässern verwendet werden.

Erfindungsgemäß werden insbesondere organisch belastete Abwässer aus der Getränke-, Futtermittel- oder Lebensmittelindustrie behandelt, wie z.B. Abwässer aus Stärke-verarbeitenden Betrieben und Anlagen, Getränkebetrieben, Brauereien, Spirituosen-Brennereien, Molkereien, Abwässer aus Fleisch- und Fisch-verarbeitenden Betrieben. Das erfindungsgemäße Verfahren und der Reaktor sind auch zur Behandlung von Abwässern aus der Papier- und Textil-industrie geeignet.

Im Folgenden wird eine Ausführungsform der Erfindung anhand der Zeichnungen beispielhaft dargestellt.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors zur Abwasserbehandlung.

Fig. 2A ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines Entnehmers von Abwasser des erfindungsgemäßen Reaktors.

Fig. 2B ist eine schematische Darstellung einer alternativen Ausführungsform eines Entnehmers von Abwasser des erfindungsgemäßen Reaktors.

Fig. 2C ist eine schematische Darstellung einer weiteren alternativen Ausführungsform eines Entnehmers von Abwasser des erfindungsgemäßen Reaktors.

Fig. 2D ist eine schematische Darstellung eines Abzugssystems des erfindungsgemäßen Reaktors.

Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors wurde konstruiert und zur Behandlung von Abwässern in einem Brauereibetrieb eingesetzt.

In Fig. 1 ist der schematische Aufbau des Reaktors 10 dargestellt. Der Reaktor ist als Schlaufenreaktor konzipiert. Die Maße des zylinderförmigen Reaktors sind so ausgelegt, daß die Höhe zwischen 2,0 und 5,0 m beträgt und daß der Durchmesser zwischen 1,5 und 2,5 m beträgt. Die zu behandelnde Abwassermenge beträgt zwischen 10 und 20 m³/d. Die Ausmaße der anderen Reaktorbestandteile werden in Relation zu den Gesamtausmaßen anhand von Fig. 1 ersichtlich. Dieser Reaktor ist für den Versuchsbetrieb. Technische Ausführungen für Reaktoren im Großmaßstab haben deutlich größere Abmessungen, z.B. 5 bis 9 m Durchmesser und von 8 bis 12 m Höhe. Andere Reaktorgeometrien sind ebenfalls möglich, z.B. zylinderartige Anordnungen mit elliptischer oder mehreckiger Grundfläche oder quaderförmige Anordnungen.

Das Reaktorgehäuse 11 ist, wie aus dem Stand der Technik bekannt, im wesentlichen aus Edelstahlblechen.

300 Im Reaktor 10 ist in axialer Richtung ein zentrales Rohr 20 ausgebildet, welches ein Stück vom oberen Ende des Reaktors beginnt und in den unteren Bereich 30 mündet. Das zentrale Rohr 20 ist im Querschnitt sechseckig ausgebildet. Diese sechseckige Form ist in der Herstellung günstig und Pakete mit Trägerelementen 50 können der sechseckigen Form angepasst angeordnet sein. An-
305 dere Geometrien sind ebenfalls möglich, z.B. kreisrund oder polygonal mit anderer Eckenzahl. Der untere Bereich 30 ist als Raum ausgebildet, in welchem bei Betrieb die schwebenden Mikroorganismen vorhanden sind. Über dem unteren Bereich 30 ist ein mittlerer Bereich 40, in welchem plattenförmige Träger-
310 elemente 50 parallel angeordnet sind, so daß zwischen diesen Träger-
elementen Durchströmungswege in vertikaler Richtung vorhanden sind. Diese Anordnung der Träger-
elemente dient als Festbett zur Ansiedlung von Mikroorganismen.

Die Träger-
315 elemente sind durchströmungs-
porös und aus einem Material, das im Wesentlichen aus miteinander vereinigten Kunststoff- und Blähtonteilchen gebildet ist. Ein solches Material ist in der bereits erwähnten Patentschrift DE 43 09 779 der gleichen Anmelderin beschrieben.

Die Platten besitzen bevorzugt einen Abstand von 3 bis 6 cm, insbesondere ist
320 ein Abstand von 3,5 bis 5,5 cm bevorzugt. Die Träger-
elemente sind, in der Draufsicht auf den Reaktorquerschnitt betrachtet, tangential in Paketen, welche Sechsecksegmente bilden, angeordnet. Andere Anordnungen sind ebenfalls denkbar, z.B. Anordnungen von rechteckigen Paketen, von Paketen mit der Grundform eines Vielecks oder Anordnungen mit gekrümmten Platten.

325 Um einen ausreichenden Biomasserückhalt sicherzustellen, ist im Reaktor ein Separatorsystem 90 angeordnet, welches aus schräggestellten Leitelementen 91, 92, 93, 94 gebildet ist. Diese Leitelemente verhindern einen Austrag von Feststoffteilchen, z.B. von gasbehafteten Pellets. Andere Anordnungen der Lei-
330 telemente sind denkbar. Die Leitelemente 91, 92, 93, 94 können der Draufsicht

der sechseckigen bzw. vieleckigen Festbettform nachempfunden sein oder rund ausgeführt sein.

Die Strömungsführung ist anhand der Pfeile k, l, m, n, o, p, q und r ersichtlich.
335 Das zu behandelnde Abwasser wird im Wesentlichen über die Zuleitung 60 zugeführt und saugt Flüssigkeit aus dem Außenraum 40 an und strömt beim Betrieb durch das zentrale Rohr 20 in den unteren Bereich 30, wo schwebende Mikroorganismen in Form von Pellets vorhanden sind. Ein Teilstrom wird wahlweise über das Rohr 80 zugeführt und durchmischt zusätzlich den unteren
340 Teil des Reaktors 30. Ein an der inneren Reaktorwand umlaufendes Strömungshindernis 120, welches im unteren Bereich 30 des Reaktors angeordnet ist, dient zur Strömungsablösung, das zu behandelnde Abwasser kann so nicht bevorzugt an der Behälterwand aufströmen. Die verwendeten Mikroorganismen gehören zur Gattung Methanotrix. Aufgrund ihres Stoffwechsels bilden diese
345 Bakterien Gase, welche in Form kleiner Bläschen an den Pellets haften. Dadurch steigen die Pellets auf und erzeugen eine zusätzliche Strömung des Abwassers. Dabei wird das zu behandelnde Abwasser an den Mikroorganismen auf den Trägerelementen vorbeigeführt und mit diesen in Kontakt gebracht. An einer aus Leitelementen 91, 92, 93 gebildeten Trennwand werden die Pellets zurück-
350 gehalten, geben die Gasbläschen aufgrund der an den Leitelementen erfolgenden Agitation ab und können dann aufgrund ihrer im Vergleich zum Abwasser höheren Dichte durch das zentrale Rohr 20 wieder in den unteren Bereich 30 absinken. Die Trennwand bildet einen Gassammelraum 96, in welchem sich Gas sammeln und über eine erste Gasableitung 98 abgeführt werden kann.

355 Diese aus den Leitelementen 91, 92, 93 gebildete Trennwand überdeckt den Großteil des Reaktorquerschnitts und läßt zwischen ihrem äußeren Rand und der Reaktorwand eine Ringfläche frei. Ein Teil der Strömung entlang der Trägerelemente wird am äußeren Rand der Trennwand, 91, 92, 93 abgezweigt und
360 aus dem oberen Bereich oberhalb der Trennwand 91, 92, 93 und unterhalb der Leitelemente 94 durch einen Entnehmer für Abwasser 100, 101 abgezogen und über ein Rezirkulationssystem 130 im Umlauf wieder dem Reaktor zugeführt.

Die Leitelemente 94 bilden im oberen Bereich des Reaktors oberhalb der
365 Trennwand 91,92, 93 und oberhalb des Entnehmers des Rezirkulationssystems
eine Beruhigungszone aus welcher über ein Abzugssystem 70 behandeltes Ab-
wasser aus dem Reaktor entnommen werden kann.

Die entstandenen Gase können über eine zweite Gasableitung 110 am oberen
370 Ende des Reaktors abgeführt werden.

Bevorzugte Entnehmer des Rezirkulationssystems sind in den Fig. 2A, 2B und
2C gezeigt.

375 Fig. 2A zeigt den sogenannten Doppelplattenabzug. Er besteht aus zwei im Ab-
stand von 40 bis 70 mm übereinander angeordneten kreisförmigen Platten,
zwischen denen zentral die Flüssigkeit abgezogen wird. Diese Anordnung ge-
währleistet ein Abziehen bei langsamer Strömungsgeschwindigkeit am Au-
ßenumfang der Platten.

380

In Fig. 2B ist eine Ringleitung mit Löchern dargestellt. Um einen gleichmäßigen
Flüssigkeitsabzug zu gewährleisten sind die Löcher, wie in Fig. 2 dargestellt, mit
unterschiedlicher Größe ausgeführt.

385 In Fig. 2 C ist ein sternförmiger Rohrabzug dargestellt, wodurch die Flüssigkeit
an 6 Stellen entnommen wird. Wenn die Rohrenden mit T-Stücken versehen
werden (mit unterbrochener Linie dargestellt), kann die Flüssigkeit an 12 Stellen
abgezogen werden.

390 In Figur 2D ist ein Abzugssystem mit einer getauchten Abzugrinne mit Ab-
zugslöchern dargestellt. Die Lochgröße und Anzahl der Löcher sind so gewählt,
dass eine gleichmässige Abführung des behandelten Abwassers sichergestellt
ist.

395 Die notwendige Umlaufwassermenge für die Zuleitung bei 60 wird über das
Rezirkulationssystem 130 genommen. Erstmalig dem Reaktor zuzuführendes
Abwasser kann über die Leitung 132 in das System eingeführt werden. Bei Be-

darf, bzw. in periodischen Abständen wird ein Teil des zu- bzw. umlaufenden Abwassers über das Rohr 80 als Treibstrahl in den unteren Bereich des Reak-
400 tors geleitet, um die dort vorhandene Biomasse (die Mikroorganismen-Pellets) aufzuwirbeln. Bei größeren Reaktoren können mehrere Treibstrahlmündungen vorgesehen sein, um eine Aufwirbelung der Biomasse zu erreichen.

PATENTANSPRÜCHE

405

1. Reaktor zur anaeroben Abwasserbehandlung, aufweisend folgende Merkmale:

410

(a) ein zentraler, von oben nach unten führender Strömungskanal, der oben mit einem ersten Abstand von der oberen Reaktorbegrenzung endet und unten mit einem zweiten Abstand von der unteren Reaktorbegrenzung endet;

415

(b) in dem Ringraum zwischen dem zentralen Strömungskanal und der Reaktorwand sind für die gesamte Höhe des Strömungskanals oder für einen Teil der Höhe des Strömungskanals Trägerelemente zum Immobilisieren von Mikroorganismen in Form eines strukturierten, geordneten Festbetts positioniert, wobei zwischen benachbarten Trägerelementen Durchströmungswege vorhanden sind;

420

(c) ein unterer Bereich des Reaktors zwischen seiner unteren Begrenzung und den Trägerelementen ist als Raum ausgebildet, der dafür bestimmt ist, beim Betrieb des Reaktors Abwasser mit darin schwebenden Mikroorganismen aufzunehmen;

425

(d) ein oberer Bereich des Reaktors zwischen seiner oberen Begrenzung und den Trägerelementen;

(e) der Reaktor ist hinsichtlich seiner Innenströmung als Schlaufenreaktor ausgebildet derart, dass enthaltenes Abwasser durch den zentralen Strömungskanal nach unten, dann durch den Raum im unteren Bereich, dann an den Trägerelementen entlang nach oben, und schließlich wieder in den zentralen Strömungskanal zirkuliert werden kann.

430

(f) eine Zuleitung für erstmalig in den Reaktor einzubringendes, zu behandelndes Abwasser;

(g) ein Abzugssystem zum abschließenden Ausbringen von behandeltem Abwasser aus dem Reaktor.

435

2. Reaktor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Raum im unteren Bereich dafür bestimmt
ist, Abwasser mit darin schwebenden Mikroorganismen – Pellets aufzuneh-
men.
3. Reaktor nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass plattenförmige Trägerelemente vorgesehen
sind.
4. Reaktor nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass über den Umfang des Reaktors verteilt
mehrere Pakete von Trägerelementen angeordnet sind, wobei jeweils in-
nerhalb des Pakets die plattenförmigen Trägerelemente parallel zueinander
und in Tangentialrichtung des Reaktors angeordnet sind.
5. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungswege zwischen benachbarten
Trägerelementen 3 bis 6 cm, bevorzugt 3,5 bis 5,5 cm, breit sind.
6. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass durchströmungsporöse Trägerelemente
vorgesehen sind.
7. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass Trägerelemente vorgesehen sind, die im
wesentlichen aus miteinander vereinigten Kunststoff – Teilchen und Bläh-
ton – Teilchen bestehen.
8. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
gekennzeichnet durch ein Rezirkulationssystem, welches einen Entnehmer
für Abwasser und einen Zuführer für Abwasser zur Strömungsabgabe in
den zentralen Strömungskanal aufweist.

9. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass der Entnehmer einen Zwischenraum zwischen zwei plattenartigen Elementen und eine in dem Zwischenraum beginnende Leitung aufweist.
- 475 10. Reaktor nach einem der Ansprüche 8 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass das Abzugssystem ein Stück oberhalb des Entnehmers des Rezirkulationssystems positioniert ist.
- 480 11. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass im oberen Bereich des Reaktors, unterhalb des Abzugssystems, ein Separatorsystem vorgesehen ist, das dem Zurückhalten der im Abwasser schwebenden Mikroorganismen in dem Reaktor dient.
- 485 12. Reaktor nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass das Separatorsystem eine Trennwand mit Abstand oberhalb des oberen Endes des zentralen Strömungskanals aufweist, welche einen Großteil des Reaktorquerschnitts überdeckt und eine
- 490 äußere Ringfläche freilässt.
13. Reaktor nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand bereichsweise nicht-horiz-
ontal verläuft und in einem höchsten Bereich einen Gassammelungsraum
- 495 bildet.
14. Reaktor nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass von dem höchsten Bereich die Trennwand –
grob gesprochen – schräg nach aussen abwärts und schräg nach innen
- 500 abwärts verläuft.
15. Reaktor nach einem der Ansprüche 12 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass der Entnehmer des Rezirkulationssystems an der Oberseite der Trennwand positioniert ist.

505

16. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass im oberen Bereich des Reaktors eine erste
Abführungsleitung für in dem Reaktor gebildetes Gas beginnt.

510

17. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Trennwand eine zweite Ab-
führungsleitung für in dem Reaktor gebildetes Gas beginnt.

515

18. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass in 15 bis 40%, vorzugsweise 20 bis 30%, des
Reaktorvolumens Trägerplatten positioniert sind.

520

19. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass im unteren Bereich des Reaktors ein Strö-
mungsumlenker an der Wand positioniert ist.

525

20. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
gekennzeichnet, durch mindestens eine Treibstrahlmündung, die unter-
halb des unteren Endes des zentralen Strömungskanals endet.

530

21. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass er so ausgelegt ist, dass als immobilisierte
Mikroorganismen einerseits und als schwebende Mikroorganismen ande-
rerseits unterschiedliche Arten von Mikroorganismen vorgesehen sind.

535

22. Verfahren zur anaeroben Abwasserbehandlung in einem Reaktor, in wel-
chem zu behandelndes Abwasser zirkuliert, dergestalt, daß Abwasser

(a) zentral von oben nach unten strömt;

(b) dann in einem Raum im unteren Bereich des Reaktors mit in dem Ab-
wasser schwebenden Mikroorganismen in Kontakt ist;

540 (c) dann in einem darüber befindlichen Raum des Reaktors an Mikroorganismen entlang strömt, die in Form eines strukturierten geordneten Festbetts auf Trägerelementen angeordnet sind;

(d) und schließlich wieder in die zentrale Strömung von oben nach unten übergeht.

545

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass nach Entlangströmen an den Mikroorganismen auf den Trägerelementen ein Teil des Abwassers abgezweigt und in den zentralen Strömungskanal eingepumpt wird.

550

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass im Behandlungsraum schwebende Mikroorganismenpellets vorhanden sind.

555

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die im Abwasser schwebenden Mikroorganismen durch ein Separatorsystem in dem Reaktor zurückgehalten werden.

560

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass als immobilisierte Mikroorganismen einerseits und als schwebende Mikroorganismen andererseits unterschiedliche Arten von Mikroorganismen vorgesehen sind.

565

27. Verwendung des Reaktors gemäß einer der Ansprüche 1 bis 21 oder des Verfahrens gemäß einer der Ansprüche 22 bis 26 zur anaeroben Abwasserbehandlung einer Anlage der Getränke-, Futtermittel- oder Lebensmittelindustrie.

570

28. Verwendung des Reaktors gemäß einer der Ansprüche 1 bis 21 oder des Verfahrens gemäß einer der Ansprüche 22 bis 26 zur anaeroben Abwasserbehandlung einer Anlage der Papier- oder Textilindustrie.

FIG. 1

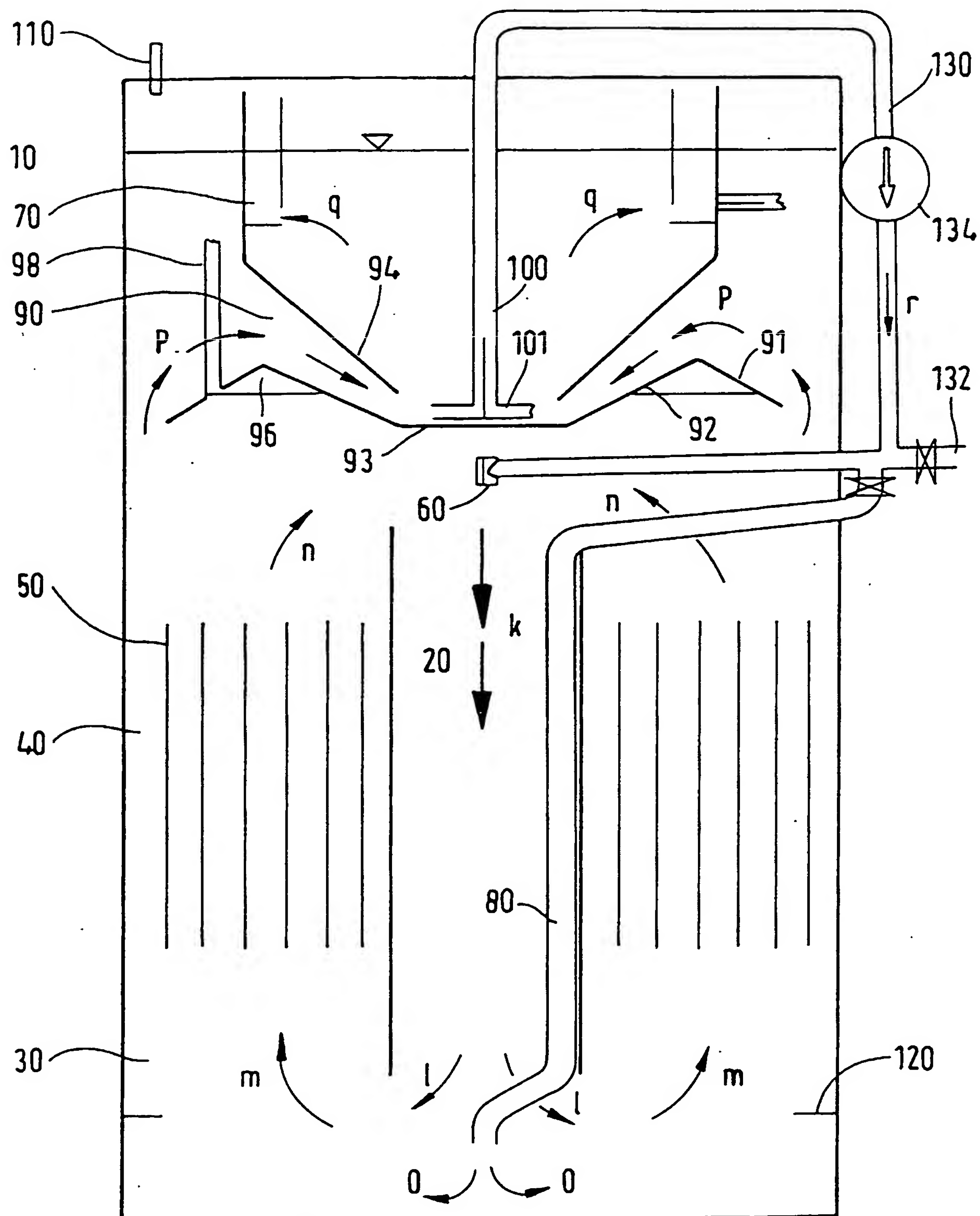


FIG. 2A

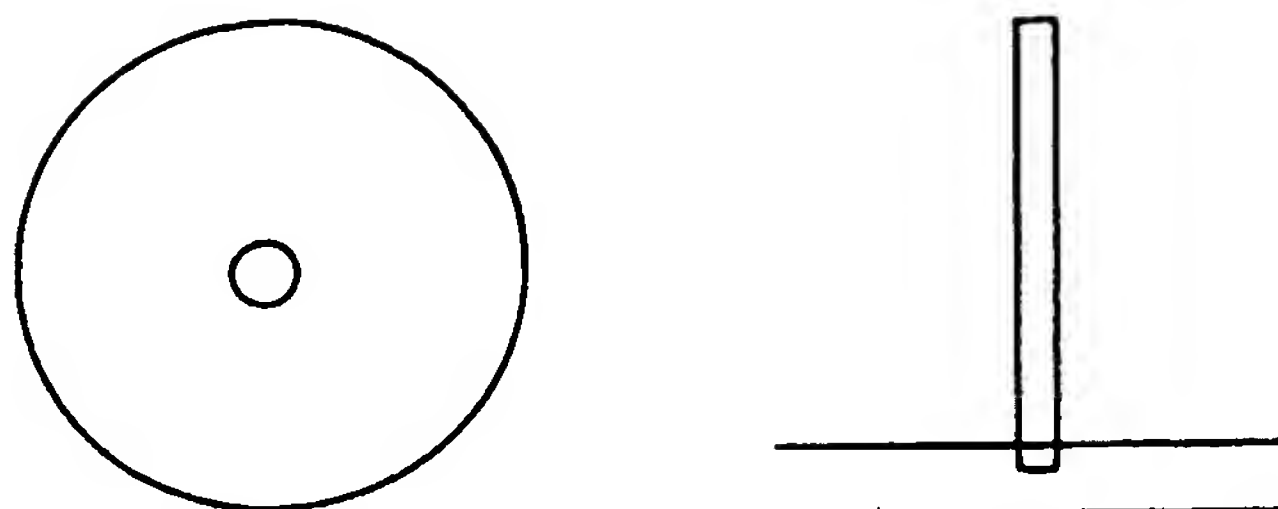


FIG. 2B

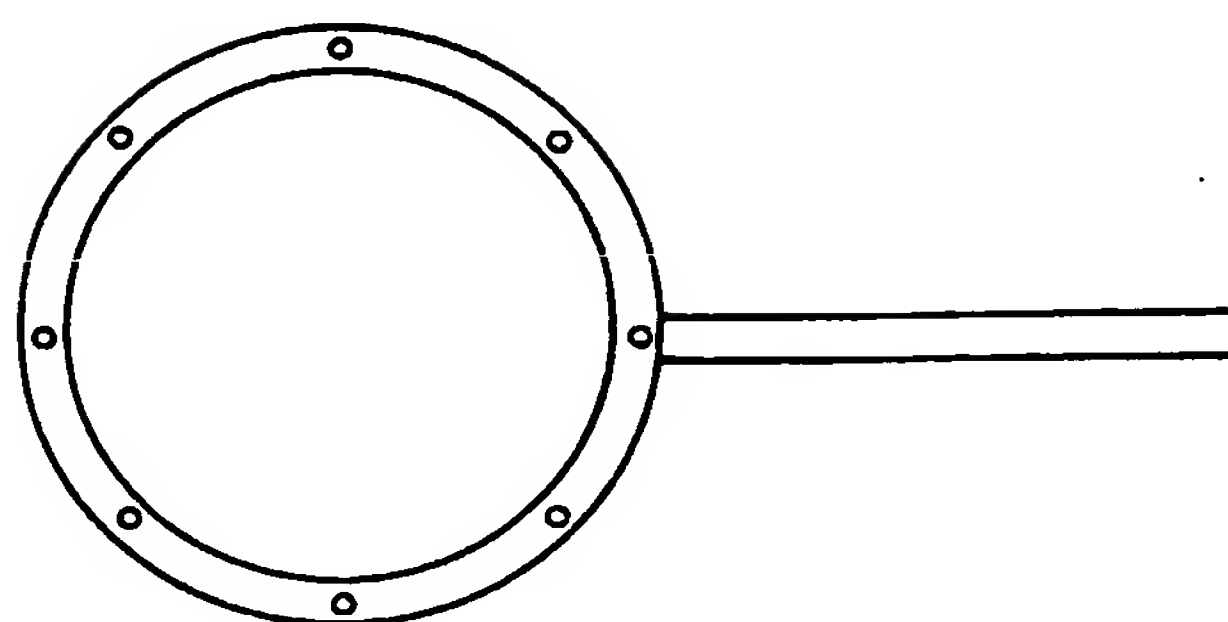


FIG. 2C

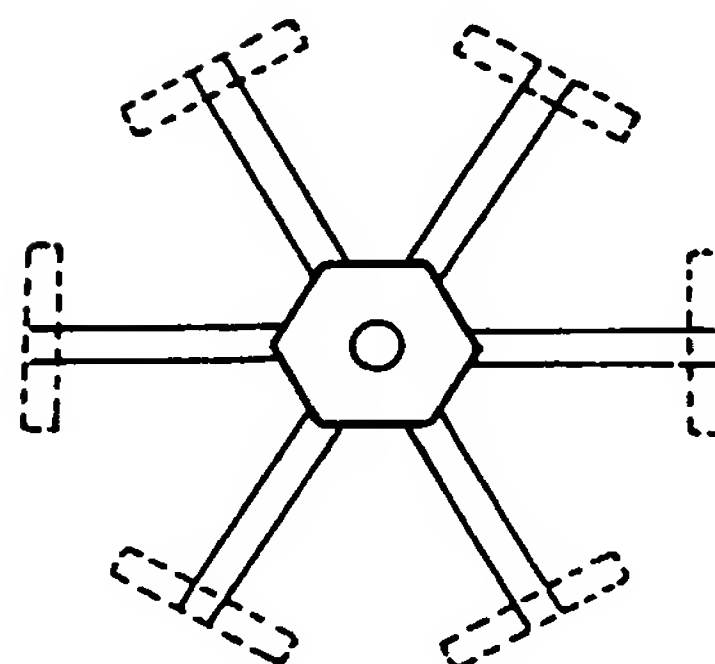


FIG. 2D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/012299A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C02F3/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C02F B01J C12M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 200 21 046 U1 (ENVICON KLAERTECHNIK VERWALTUNGSGESELLSCHAFT MBH) 29 March 2001 (2001-03-29)	1,2,8, 10,11, 19, 21-23, 25,26
Y	page 17, line 1 - page 18, paragraph 5; figure 1	3-7,16, 27,28
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 429 (C-0880), 31 October 1991 (1991-10-31) & JP 03 178394 A (KATSUMI IIDA), 2 August 1991 (1991-08-02) abstract; figures 3,6	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 February 2005

Date of mailing of the international search report

01/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beckmann, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/012299

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 303 149 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN UND MUNCHEN; SIEMENS AKTIENGESELLSCH) 15 February 1989 (1989-02-15) column 3, line 34 - line 39 column 1, line 6 - line 11 -----	16,27,28
Y	US 4 561 974 A (BERNARD ET AL) 31 December 1985 (1985-12-31) column 2, line 3 - line 21; figure 1 column 4, line 21 - line 23 -----	3-5,16
Y	US 5 618 412 A (HERDING ET AL) 8 April 1997 (1997-04-08) column 5, line 33 - line 41 -----	3,4,6,7
A	US 4 618 418 A (HEIJNEN ET AL) 21 October 1986 (1986-10-21) column 10, line 22 - line 51; figure 1 -----	11-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/EP2004/012299

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 20021046	U1	29-03-2001	DE 19960071 C1 BE 1014013 A3 FR 2802196 A1 NL 1016781 C2 NL 1016781 A1	25-04-2002 04-02-2003 15-06-2001 10-10-2002 14-06-2001
JP 03178394	A	02-08-1991	JP 1734032 C JP 4017716 B	17-02-1993 26-03-1992
EP 0303149	A	15-02-1989	DE 3727236 A1 AT 71607 T DE 3867755 D1 EP 0303149 A2	23-02-1989 15-02-1992 27-02-1992 15-02-1989
US 4561974	A	31-12-1985	FR 2540484 A1 CA 1227893 A1 DE 3460058 D1 DE 116497 T1 EP 0116497 A1 ES 285547 U	10-08-1984 06-10-1987 30-04-1986 20-12-1984 22-08-1984 01-02-1986
US 5618412	A	08-04-1997	DE 4309779 A1 AT 163173 T AU 696957 B2 AU 6505094 A BR 9406023 A CA 2158979 A1 CN 1119849 A ,C CZ 9502392 A3 DE 59405258 D1 WO 9421566 A1 EP 0690826 A1 ES 2113096 T3 HU 73391 A2 JP 3397793 B2 JP 8507962 T NO 953761 A PL 310809 A1 RU 2144004 C1 SG 82538 A1 SK 116195 A3	29-09-1994 15-02-1998 24-09-1998 11-10-1994 19-12-1995 29-09-1994 03-04-1996 15-05-1996 19-03-1998 29-09-1994 10-01-1996 16-04-1998 29-07-1996 21-04-2003 27-08-1996 01-11-1995 08-01-1996 10-01-2000 21-08-2001 08-05-1996
US 4618418	A	21-10-1986	NL 8201293 A AT 21093 T AU 574621 B2 AU 1260283 A DE 3364841 D1 DK 101583 A ,B, EP 0090450 A1 ES 8406387 A1 GR 78802 A1 IE 54410 B1 JP 1437842 C JP 58223487 A JP 62047433 B PT 76413 A ,B	17-10-1983 15-08-1986 07-07-1988 06-10-1983 04-09-1986 30-09-1983 05-10-1983 01-11-1984 02-10-1984 27-09-1989 25-04-1988 26-12-1983 07-10-1987 01-04-1983

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 C02F3/28

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETERecherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 C02F B01J C12M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 200 21 046 U1 (ENVICON KLAERTECHNIK VERWALTUNGSGESELLSCHAFT MBH) 29. März 2001 (2001-03-29)	1,2,8, 10,11, 19, 21-23, 25,26
Y	Seite 17, Zeile 1 - Seite 18, Absatz 5; Abbildung 1	3-7,16, 27,28
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 015, Nr. 429 (C-0880), 31. Oktober 1991 (1991-10-31) & JP 03 178394 A (KATSUMI IIDA), 2. August 1991 (1991-08-02) Zusammenfassung; Abbildungen 3,6	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Februar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/03/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beckmann, O

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 303 149 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN UND MÜNCHEN; SIEMENS AKTIENGESELLSCH) 15. Februar 1989 (1989-02-15) Spalte 3, Zeile 34 - Zeile 39 Spalte 1, Zeile 6 - Zeile 11 -----	16, 27, 28
Y	US 4 561 974 A (BERNARD ET AL) 31. Dezember 1985 (1985-12-31) Spalte 2, Zeile 3 - Zeile 21; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 21 - Zeile 23 -----	3-5, 16
Y	US 5 618 412 A (HERDING ET AL) 8. April 1997 (1997-04-08) Spalte 5, Zeile 33 - Zeile 41 -----	3, 4, 6, 7
A	US 4 618 418 A (HEIJNEN ET AL) 21. Oktober 1986 (1986-10-21) Spalte 10, Zeile 22 - Zeile 51; Abbildung 1 -----	11-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/012299

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 20021046	U1	29-03-2001	DE	19960071 C1	25-04-2002
			BE	1014013 A3	04-02-2003
			FR	2802196 A1	15-06-2001
			NL	1016781 C2	10-10-2002
			NL	1016781 A1	14-06-2001
JP 03178394	A	02-08-1991	JP	1734032 C	17-02-1993
			JP	4017716 B	26-03-1992
EP 0303149	A	15-02-1989	DE	3727236 A1	23-02-1989
			AT	71607 T	15-02-1992
			DE	3867755 D1	27-02-1992
			EP	0303149 A2	15-02-1989
US 4561974	A	31-12-1985	FR	2540484 A1	10-08-1984
			CA	1227893 A1	06-10-1987
			DE	3460058 D1	30-04-1986
			DE	116497 T1	20-12-1984
			EP	0116497 A1	22-08-1984
			ES	285547 U	01-02-1986
US 5618412	A	08-04-1997	DE	4309779 A1	29-09-1994
			AT	163173 T	15-02-1998
			AU	696957 B2	24-09-1998
			AU	6505094 A	11-10-1994
			BR	9406023 A	19-12-1995
			CA	2158979 A1	29-09-1994
			CN	1119849 A ,C	03-04-1996
			CZ	9502392 A3	15-05-1996
			DE	59405258 D1	19-03-1998
			WO	9421566 A1	29-09-1994
			EP	0690826 A1	10-01-1996
			ES	2113096 T3	16-04-1998
			HU	73391 A2	29-07-1996
			JP	3397793 B2	21-04-2003
			JP	8507962 T	27-08-1996
			NO	953761 A	01-11-1995
			PL	310809 A1	08-01-1996
			RU	2144004 C1	10-01-2000
			SG	82538 A1	21-08-2001
			SK	116195 A3	08-05-1996
US 4618418	A	21-10-1986	NL	8201293 A	17-10-1983
			AT	21093 T	15-08-1986
			AU	574621 B2	07-07-1988
			AU	1260283 A	06-10-1983
			DE	3364841 D1	04-09-1986
			DK	101583 A ,B,	30-09-1983
			EP	0090450 A1	05-10-1983
			ES	8406387 A1	01-11-1984
			GR	78802 A1	02-10-1984
			IE	54410 B1	27-09-1989
			JP	1437842 C	25-04-1988
			JP	58223487 A	26-12-1983
			JP	62047433 B	07-10-1987
			PT	76413 A ,B	01-04-1983